



| | | | |
|--|--|----|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01B 11/02, 11/30 | | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/53271 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 21. Oktober 1999 (21.10.99) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/02569 | | | (81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). |
| (22) Internationales Anmeldedatum: 10. April 1999 (10.04.99) | | | |
| (30) Prioritätsdaten: 198 16 271.5 11. April 1998 (11.04.98) DE | | | |
| (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Siemensstrasse 19, D-35394 Gießen (DE). | | | |
| (72) Erfinder; und | | | Veröffentlicht |
| (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CHRISTOPH, Ralf [DE/DE]; Taunusblick 2, D-35641 Schöffengrund (DE). | | | Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen. |
| (74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Friedrich-Ebert-Anlage 11b, D-63450 Hanau (DE). | | | |

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE PROFILE OF A MATERIAL SURFACE BY POINT-BY-POINT SCANNING ACCORDING TO THE AUTO-FOCUSING PRINCIPLE, AND COORDINATE-MEASURING DEVICE

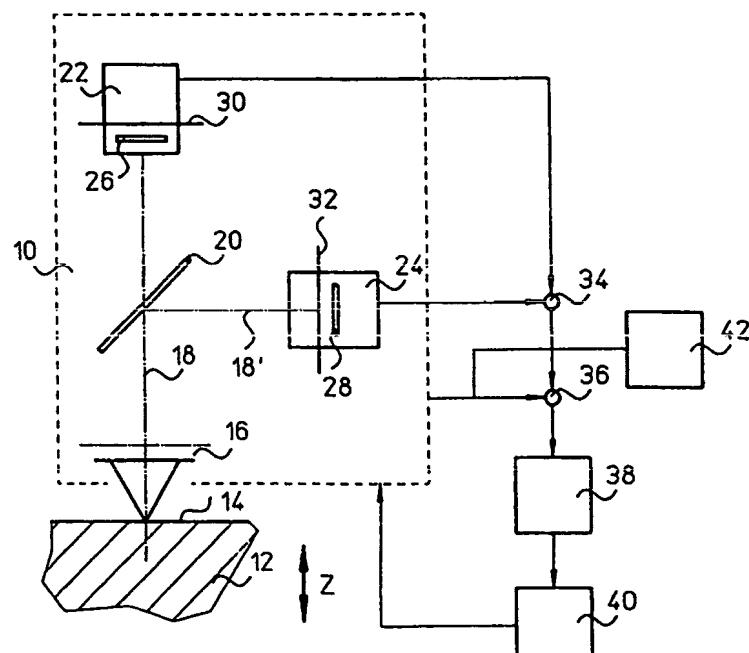
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR PUNKTWEISE SCANNENDEN PROFILBESTIMMUNG EINER MATERIALOBERFLÄCHE NACH DEM AUTOFOKUSPRINZIP SOWIE KOORDINATENMESSGERÄT

(57) Abstract

The invention relates to a method for determining the profile of a material surface by point-by-point scanning according to the auto-focusing principle and to a coordinate-measuring device. An optical system (16) is located in a contact probe (10) which can move in relation to the material surface. The path of the image rays of said optical system has two optical paths of different lengths. Contrast values are measured at the ends of each of the optical paths. The contact probe (10) is adjusted in terms of its distance from the material surface (14) in such a way that the contrast values are equal. The profile of the material surface (14) is then determined based on the position of the contact probe (10) in relation to the material surface.

(57) Zusammenfassung

Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren zur punktweise scannenden Materialoberflächenbestimmung nach dem Autofokusprinzip sowie ein Koordinatenmessgerät. In einem relativ zur Materialoberfläche beweglich angeordneten Tastkopf (10) befindet sich eine Optik (16), die einen Abbildungstrahlengang mit zwei unterschiedlich langen optischen Wegen aufweist, an deren Enden jeweils Kontrastwerte gemessen werden. Dabei wird der Tastkopf (10) so in seinem Abstand gegenüber der Materialoberfläche (14) eingestellt, dass die Kontrastwerte gleich sind. Aus der Position des Tastkopfes (10) kann die Materialoberfläche (14) bestimmt werden.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JF | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Beschreibung

Verfahren zur punktweise scannenden Profilbestimmung einer Materialoberfläche nach dem Autofokusprinzip sowie Koordinatenmessgerät

Die Erfindung bezicht sich auf ein Verfahren zur punktweise scannenden Profilbestimmung einer Materialoberfläche mit einem Koordinatenmessgerät nach dem Autofokusprinzip, wobei eine in einem relativ zur Materialoberfläche beweglichen Tastkopf angeordnete Optik automatisch in ihrem Abstand zur Materialoberfläche eingestellt und aus der Position der Optik gegenüber der Materialoberfläche das Profil der Materialoberfläche bestimmt wird, sowie auf ein Koordinatenmessgerät.

Zur Oberflächenanalyse von Materialoberflächen werden optisch abtastende Messsysteme eingesetzt, die nach dem Autofokusprinzip arbeiten. Es werden beispielsweise einzelne Autofokuspunkte nach dem Kontrastverfahren bei der Abtastung gemessen. Um vollständige Konturen aufzunehmen, benötigt dieses Verfahren lange Messzeiten. Pro Messpunkt sind einige Sekunden erforderlich.

Aus P. Profos, T. Pfeifer (Hrsg.): Handbuch der industriellen Messtechnik, 5. Aufl., Oldenbourg Verlag, München-Wien 1992, S. 455, 456 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art bekannt. Dabei werden Laserabstandssensoren für die Erfassung von Oberflächen-Topographien verwendet. Bei dem bekannten Verfahren wird Licht einer Laserdiode über einen Kollimator und ein bewegliches Objektiv auf die Materialoberfläche geworfen. Das von der Oberfläche reflektierte Licht gelangt über die Objektivlinse, den Kollimator und einem Strahlteiler zu einem optoelektronischen Fokusdetektor in Form einer Modemzeile. Die Objektivlinse wird oberflächentopographieabhängig nachgeführt. Aus ihrer Bewegung wird das Höhenprofil ermittelt. Ein Nachteil dieses

Verfahrens besteht in der starken Empfindlichkeit gegenüber Eigenschaftsänderungen der Materialoberfläche.

Aus H. Naumann, G. Schröder: Bauelemente der Optik, Taschenbuch der technischen Optik, 6. Aufl., C. Hanser Verlag, München-Wien 1992, S. 348, 349, ist eine Autofokusierung durch Kontrastmessung bekannt, wobei drei unterschiedlich lange optische Wege zur photometrischen Kontrastmessung benutzt und eine Scharstellposition an einem Kontrastunterschied erkannt wird.

Aus der DE-Z: VDI-Z 131 (1989) Nr. 11, S. 12 - 16 R.-J. Ahlers, W. Rauh: "Koordinatenmesstechnik mit Bildverarbeitung" ist eine Koordinatenmessung nach dem Autofokusprinzip bekannt, bei der durch Kontrastanalyse mit Ortsfrequenzmessung der von einem bilderfassenden Sensor gelieferten Daten eine dreidimensionale Objektvermessung erfolgen kann.

Der Erfindung liegt das Problem zu Grunde, zum dynamischen Scannen zum Messen von Punkten von Materialoberflächen ein Verfahren und ein Koordinatenmessgerät zu entwickeln, das eine schnelle Abtastung ermöglicht, genau und von Eigenschaftsänderungen der Materialoberfläche weitgehend unbeeinflusst sind.

Das Problem wird bei einem Verfahren zur punktweise scannenden Profilbestimmung einer Materialoberfläche mit einem Koordinatenmessgerät nach dem Autofokusprinzip, wobei eine in einem relativ zur Materialoberfläche beweglichen Tastkopf angeordnete Optik automatisch in ihrem Abstand zur Materialoberfläche eingestellt und aus der Position der Optik gegenüber der Materialoberfläche das Profil der Materialoberfläche bestimmt wird, erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass im Abbildungsstrahlengang der Optik an den Enden zweier unterschiedlich langer optischer Wege jeweils der photometrische Kontrast gemessen wird und dass die Abstandeinstellung der Optik so erfolgt, dass die gemessenen Kontrastwerte gleich oder nahezu gleich sind. Wenn der Tastkopf gegen die Materialoberfläche oder von dieser weg bewegt wird, ändert sich die Lage der von der Optik abgebildeten Ebene gegenüber den Enden der beiden optischen Wege, an

denen der Kontrast gemessen wird. Vom Abstand der Abbildungsebene der Oberfläche des Materials von den Enden, an denen der Kontrast gemessen wird, hängt die Größe des jeweiligen Kontrastwerts ab. Gleiche Kontrastwerte treten auf, wenn die Abbildungsebene den gleichen Abstand von den Enden der optischen Wege hat. Durch Veränderungen der Tastkopfposition gegenüber der Oberfläche so lange, bis die gemessenen Kontrastwerte gleich sind, wird eine genaue Fokussierung erreicht.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform enden die beiden optischen Wege an verschiedenen Stellen im Tastkopf, wobei an den Enden der optischen Wege die Kontrastwerte mit jeweils einem Sensor insbesondere zugleich gemessen werden. Die Kontrastwerte stehen bei dieser Ausführungsform in jeder Stellung des Tastkopfs sofort zur Verfügung, wodurch die Fokussierdauer im Wesentlichen von der Einstellgeschwindigkeit des Tastkopfs abhängt.

Der Abbildungsstrahlengang kann auch zwei verschieden lange optische Wege aufweisen, die an einem einzigen Sensor enden, der abwechselnd - z. B. durch LCD, Shutter oder Teilerspiegel - für die Strahlen der beiden Wege freigegeben wird. Bei diesem Verfahren reicht ein Sensor für die Kontrastmessung aus.

Der Tastkopf mit der Optik bzw. die Einstellung der Abstandsposition des Tastkopfes wird insbesondere mit einem Lageregler eines Koordinatenmessgerätes auf die Oberfläche des Materials ausgerichtet. Durch Messung der Stellung des Tastkopfs wird die Oberflächentopographie bestimmt.

Zur Lösung des der Erfindung zu Grunde liegenden Problems wird auch vorgeschlagen ein Koordinatenmessgerät zur punktweise scannenden Profilbestimmung einer Materialoberfläche nach dem Autofokusprinzip mit

- einem Tastkopf mit einer Optik, in deren Abbildungsstrahlengang an den Enden zweier unterschiedlich langer optischer Wege jeweils Mittel zur photometrischen Kontrastwertmessung angeordnet sind,

- einem Vergleicher zur Feststellung von gegenseitigen Kontrastwertabweichungen,
- einem Lagerregelkreis, in dem der Vergleicher die Regelabweichung angibt sowie mit Bewegungsmitteln zur Regelung der Tastkopfposition relativ zur Materialoberfläche, und
- Messmitteln für die Position des Tastkopfes in Bezug auf die Materialoberfläche.

Durch die Regelung der Kontrastdifferenz auf Null bzw. nahezu Null entsprechend den Eigenschaften des Lagerregelkreises wird die Optik selbsttätig mit hoher Genauigkeit fokussiert. Es werden mit der Erfindung quasi zwei Bildpunkte, von denen einer vor und der andere hinter der Oberfläche liegt, gemessen und für die Fokussierung ausgenutzt. Der Lagerregelkreis ist insbesondere Teil einer numerischen Bahnsteuerung für wenigstens drei Koordinaten. Mit der numerischen Bahnsteuerung wird der Tastkopf auf Bahnen geführt, die in Längs- und Querrichtung der Oberfläche verlaufen, wobei zugleich die Autofokussierung des Tastkopfs dessen Abstand von der Oberfläche bestimmt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist im Abbildungsstrahlengang der Optik ein halbdurchlässiger Spiegel vorgesehen, hinter dem in Durchlassrichtung in einem ersten Abstand eine erste Sensorfläche eines Sensors und in dessen Reflexionsrichtung in einem vom ersten Abstand verschiedenen zweiten Abstand eine zweite Sensorfläche eines Sensors angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsform messen die Sensoren gleichzeitig die Kontrastwerte.

Bei einer weiteren günstigen Ausführungsform enden zwei unterschiedlich lange Parallelzweige im Abbildungsstrahlengang der Optik an einem Sensor, der abwechselnd für die Strahlung im einen und im anderen Parallelzweig freigegeben wird. Der Sensor wird bei dieser Ausführungsform für die Messung beider Kontrastwerte benutzt, wodurch sich eine Vereinfachung der Messschaltung ergibt.

Als Sensor kann jeweils ein Kamerasystem mit beispielsweise einer Video-Kamera oder ein Diodenarray oder Differenzfotodiode verwendet werden.

Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass der Tastkopf bzw. der oder die Sensoren entlang einer zu den drei Achsen des Koordinatenmessgerätes separaten Achse bewegbar ist.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen und den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination -, sondern auch aus der folgenden Beschreibung eines in einer Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Einrichtung eines Koordinatenmessgerätes zum dynamischen Scannen von Punkten von Materialoberflächen nach dem Autofokusprinzip im Schema,

Fig. 2 ein Diagramm der Messwerte des Kontrastes in zwei Sensoren der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung in Abhängigkeit vom Abstand der Sensoren von der Materialoberfläche.

Eine Einrichtung zum dynamischen Scannen (Abtasten) zum Messen von Punkten von Materialoberflächen mittels eines nicht näher erläuterten und dargestellten Koordinatenmessgerätes enthält einen Tastkopf 10, der relativ zu einem Werkstück 12 beweglich angeordnet ist, dessen Oberfläche 14 zur Messung von Punkten abgetastet werden soll. Im Tastkopf 10 befindet sich eine Optik 16, z. B. ein Objektiv. Von der Optik 16 ist nur die Hauptebene dargestellt. Die Fig. 1 zeigt die optische Achse 18 des Abbildungsstrahlengangs der Optik 16. Im Abbildungsstrahlengang ist ein Strahlteiler in Form eines halbdurchlässigen Spiegels 20 angeordnet. Im Strahlengang der vom halbdurchlässigen Spiegel 20 durchgelassenen Strahlung befindet sich ein erster Sensor 22 zur

photometrischen Kontrastmessung. Im Strahlengang der vom halbdurchlässigen Spiegel 20 reflektierten Strahlung mit der optischen Achse 18' befindet sich ein zweiter Sensor 24 zur Kontrastmessung.

Im Sensor 22 ist in Fig. 1 eine lichtempfindliche bzw. optoelektrische Sensorebene 26 oder -fläche dargestellt, die sich im Strahlengang der Optik 16 befindet, d. h. die vom halbdurchlässigen Spiegel 20 durchgelassenen Strahlen treffen auf die Sensorebene 26 auf. Im Sensor 24 ist eine lichtempfindliche bzw. optoelektrische Sensorebene oder -fläche 28 dargestellt, die sich im Strahlengang der vom Spiegel 20 reflektierten Strahlung befindet.

Die Optik 16 erzeugt in einer ersten Abbildungsebene 30 ein erstes Abbild eines Punktes der Materialoberfläche bzw. Oberfläche 14. Die Abbildungsebene 30 wird von der optischen Achse 18 geschnitten und befindet sich bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung im Sensor 22. Weiterhin erzeugt die Optik 16 aufgrund der reflektierten Strahlung in einer zweiten Abbildungsebene 32 ein zweites Abbild des Punktes der Oberfläche 14. Die Abbildungsebene 32 befindet sich bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung im Sensor 24. Die Sensorebene 26 befindet sich in Bezug auf den Strahlengang der Optik 16 vor der Abbildungsebene 30. Die Sensorebene 28 befindet sich in Bezug auf den reflektierten Strahlengang hinter der Abbildungsebene 32. Die Sensorebenen 26, 28 sind also in Bezug auf den Abbildungstrahlengang in verschiedenen Abständen von der Optik 16 und daher auch im Abstand voneinander angeordnet.

Als Sensoren 22, 24 werden insbesondere optoelektronische Sensoren, mit denen Kontraste festgestellt werden können, eingesetzt. Beispielsweise werden Halbleiter-Videokameras oder Diodenarrays oder Differenzfotodioden verwendet. Diese können ebenso wie Videokameras zeilenweise ausgelesen werden. Die Verarbeitung der ausgelesenen Signale kann softwaremäßig erfolgen.

Die von den Sensorebenen bzw. -flächen gemessenen Kontrastwerte werden einem Vergleicher 34 eines Lageregelkreises des Koordinatenmessgerätes zugeführt, dessen

Ausgangswerte in einen weiteren Vergleicher 36 gelangen, dem weiterhin die von einer Messeinrichtung am Tastkopf 10 ausgegebenen Lage-Ist-Werte zugeführt werden. Der Vergleicher 36 gibt seine Ausgangswerte an einen Lageregler 38, der ausgangsseitig einen Motor 40 steuert, der den Tastkopf 10 in einer mit Z bezeichneten Richtung senkrecht zur Oberfläche 14 des Werkstücks 12 verstellen kann, die nicht mit einer der Achsen des Koordinatenmessgerätes übereinstimmen muss. Die Lage-Ist-Werte des Tastkopfs 10 werden weiterhin einer Auswerteinheit 42 zugeführt, die Daten über die Oberflächentopographie des Werkstücks 14 erzeugt.

In dem in Fig. 2 dargestellten Diagramm sind in Ordinatenrichtung Kontrastwerte K und in Abszissenrichtung der Abstand des Tastkopfs 10 von der Oberfläche 14 in der Z-Richtung dargestellt.

Wenn der Tastkopf 10 in Z-Richtung bewegt wird, ändern sich die Lagen der Abbildungsebenen 30, 32 gegenüber den Sensorebenen 26 bzw. 28. Von den Sensorebenen 30, 32 werden deshalb in Abhängigkeit vom Abstand der Optik 16 von der Oberfläche 14 unterschiedliche Kontrastwerte gemessen. Der Sensor 22 misst in Abhängigkeit von den Abständen der Optik 16 von der Oberfläche 14 die in Fig. 2 durch die Kurve 44 dargestellten Kontrastwerte. Mit dem Sensor 24 werden in Abhängigkeit von den Abständen der Oberfläche 14 bzw. deren Punkten von der Optik 16 die in Fig. 2 durch die Kurve 46 dargestellten Kontrastwerte gemessen. Die Kurven 44, 46 schneiden sich in einem Punkt 48, dem ein Abstand Z_A der Optik 16 von der Oberfläche 14 entspricht. Beim Abstand Z_A sind die Sensorebenen 26 und 28 jeweils gleich weit von der Abbildungsebene 30 bzw. 32 entfernt. Der Tastkopf 10 ist beim Abstand Z_A , bei dem die Sensorebenen gleiche Kontrastwerte messen, auf die Oberfläche 14 bzw. den zu messenden Punkt fokussiert. Beim Abstand Z_A kann anhand des vom Istwertgeber des Tastkopfs ausgegebenen Messwerts das Profil der Oberfläche 14 bestimmt werden.

In der Fig. 1 nicht dargestellt ist ein Teil des Lagereglers, der den Tastkopf in den beiden anderen Richtungen, d. h. der X- und Y-Richtung des kartesischen Koordinatensystems bewegt.

Der Lageregler stellt den Tastkopf 10 selbsttätig auf den Abstand Z_A ein. Wenn der Tastkopf 10 in der X- bzw. Y-Richtung bewegt wird, können Oberflächenrauhigkeiten dazu führen, dass die Abstände des Tastkopfs 10 von der Oberfläche zu- oder abnehmen. In diesem Fall ergeben sich Unterschiede in den von den Sensoren 22, 24 gemessenen Kontrastwerte, die als Regelabweichung vom Regelkreis auf Null oder nahezu Null reduziert werden, d. h. der Regelkreis führt den Tastkopf 10 in Z-Richtung automatisch nach, bis die Kontrastwerte der beiden Sensoren 22, 24 gleich groß sind. Der Tastkopf 10 folgt somit genau der Oberflächentopologie.

Durch die oben beschriebene und in Fig. 1 dargestellte Anordnung der Sensoren 22, 24 werden quasi zwei Bildpunkte, von denen einer vor und hinter der Oberfläche 14 liegt, gemessen. Aus der Kontrastdifferenz wird dann die tatsächliche Lage der Oberfläche 14 bestimmt. Mit der oben beschriebenen Vorrichtung ist ein berührungsloses Abtasten von insbesondere in Z-Richtung profilierten Oberflächen möglich, und zwar auch dort, wo Laser nicht mehr messen können.

Anstelle einer Vorrichtung mit zwei Sensoren kann auch eine mit nur einem Sensor verwendet werden. Bei einer derartigen Vorrichtung sind im Abbildungsstrahlengang zwei verschieden lange optische Wege vorgesehen, die abwechselnd so gestaltet werden, dass die von der Optik ausgehende Strahlung über den einen oder anderen Weg zum Sensor gelangt. Das Prinzip dieser Ausführungsform besteht darin, den Versatz der Messstellen optisch zu realisieren.

Die Sensoren 22, 24 können Kamerasysteme bzw. Video-Kameras sein. Es ist auch möglich, an den Sensorebenen 26, 28 Diodenarrays oder Differenzfotodioden vorzusehen, die ebenso wie bei Kameras zeilenförmig ausgelesen werden.

Der Tastkopf 10 wird mit einer numerischen Bahnsteuerung in Längs- und Querrichtung der Materialoberfläche 14 in einem Abstand zu dieser bewegt, der durch die Autofokusierung des Tastkopfs 10 mittels des Lageregelkreises bestimmt wird. Der Lageregelkreis ist beispielsweise für die Bewegung des Tastkopfs in der Z-Richtung der für

mehrere Koordinaten ausgelegten Bahnsteuerung vorgesehen. Die Dimensionierung des Reglers bestimmt die Größe der Regelabweichung, d. h. das Verhalten des Regelkreises lässt sich durch die Wahl eines entsprechenden Reglers, z. B. mit proportionalem oder proportional-intergraalem Verhalten, bestimmen. Entsprechend dem Verhalten des Reglers werden die gemessenen Kontrastwerte gleich oder nahezu gleich groß erzielt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur punktweise scannenden Profilbestimmung einer Materialoberfläche mit einem Koordinatenmessgerät nach dem Autofokusprinzip, wobei eine in einem relativ zur Materialoberfläche beweglichen Tastkopf angeordnete Optik automatisch in ihrem Abstand zur Materialoberfläche eingestellt und aus der Position der Optik gegenüber der Materialoberfläche das Profil der Materialoberfläche bestimmt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Abbildungsstrahlengang der Optik an den Enden zweier unterschiedlich langer optischer Wege jeweils der photometrische Kontrast gemessen wird und dass die Abstandeinstellung der Optik so erfolgt, dass die gemessenen Kontrastwerte gleich oder nahezu gleich sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die beiden optischen Wege an verschiedenen Stellen im Tastkopf enden und dass an den Enden die Kontrastwerte mit jeweils einem Sensor insbesondere gleichzeitig gemessen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die beiden optischen Wege an der gleichen Stelle im Tastkopf enden und
dass die Kontrastwerte nacheinander mit einem Sensor gemessen werden, dem
jeweils nacheinander die Strahlung des einen und anderen optischen Wegs
zugeführt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Tastkopf mit der Optik durch einen Lageregelkreis des Koordinaten-
messgerätes auf die Materialoberfläche ausgerichtet bzw. in seiner Abstand-
sposition zur Materialoberfläche eingestellt wird und dass aus der Stellung des
Tastkopfs die Oberflächentopographie bestimmt wird.
5. Koordinatenmeßgerät zur punktweise scannenden Profilbestimmung einer
Materialoberfläche (14) nach dem Autofokusprinzip mit
 - einem Tastkopf (10) mit einer Optik (16), in deren Abbildungsstrahlen-
gang an den Enden zweier unterschiedlich langer optischer Wege jeweils
Mittel zur photometrischen Kontrastwertmessung angeordnet sind,
 - einem Vergleicher (34) zur Feststellung von gegenseitigen Kontrastwert-
abweichungen,
 - einem Lagerregelkreis, in dem der Vergleicher die Regelabweichung
angibt sowie mit Bewegungsmitteln zur Regelung der Tastkopfposition
relativ zur Materialoberfläche, und
 - Meßmitteln für die Position des Tastkopfes in Bezug auf die Material-
oberfläche (14).

6. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass im Abbildungsstrahlengang der Optik (16) ein halbdurchlässiger Spiegel (20) vorgesehen ist, hinter dem in Durchlassrichtung in einem ersten Abstand eine erste Sensorfläche (26) eines Sensors (22) und in dessen Reflexionsrichtung in einem vom ersten Abstand verschiedenen zweiten Abstand eine zweite Sensorfläche (28) eines Sensors (24) angeordnet ist.
7. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zwei unterschiedlich lange Parallelzweige im Abbildungsstrahlengang der Optik (16) an einem Sensor enden, der abwechselnd für die Strahlung im einen und anderen Parallelzweig freigegeben wird.
8. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Sensoren (22, 24) Kamerasyteme sind.
9. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Kamerasyteme Video-Kameras sind.
10. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Sensorflächen (26, 28) Diodenarrays oder Differenzfotodioden aufweisen.
11. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Tastkopf (10) bzw. der zumindest eine Sensor (22, 24) entlang einer zu den Achsen des Koordinatenmessgerätes separaten Achse verstellbar ist.

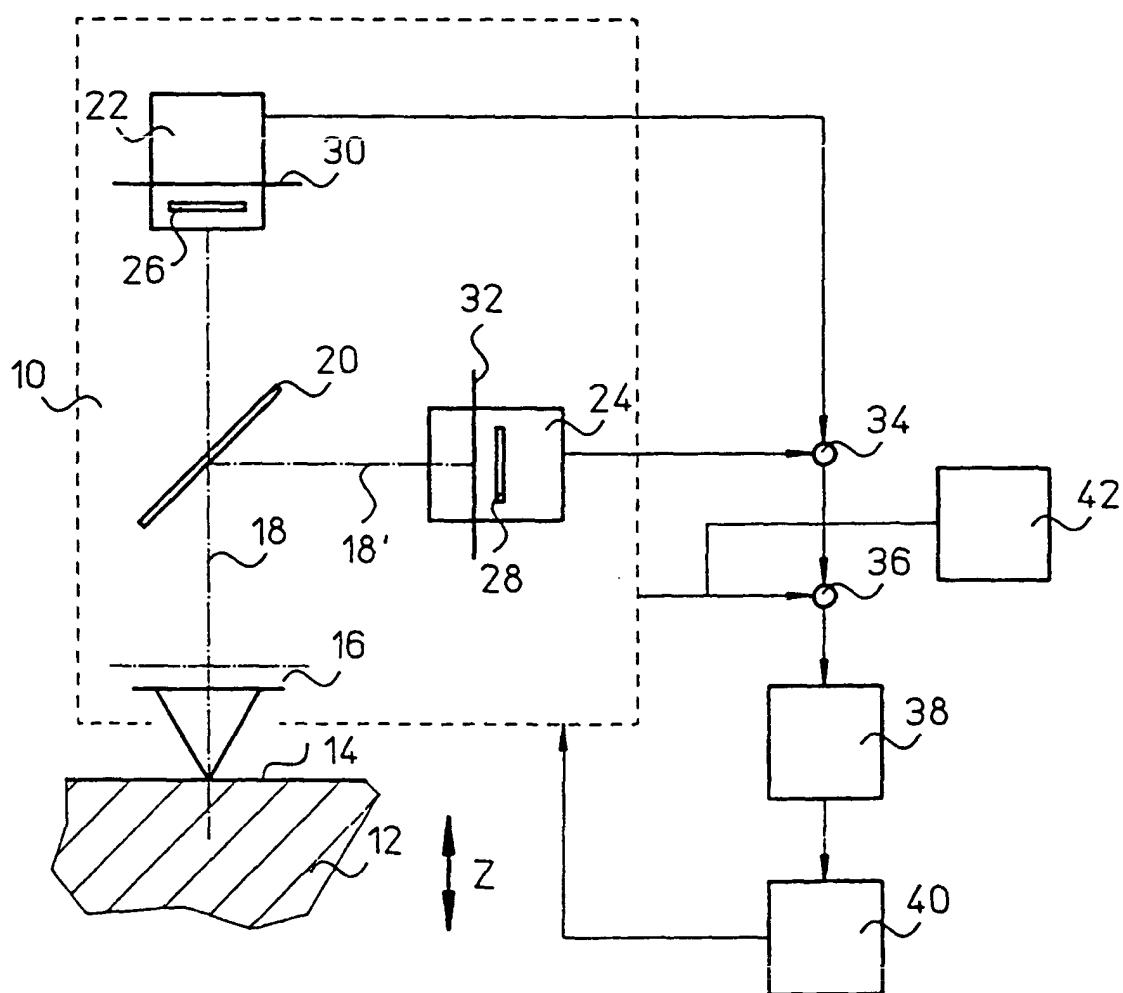


Fig.1:

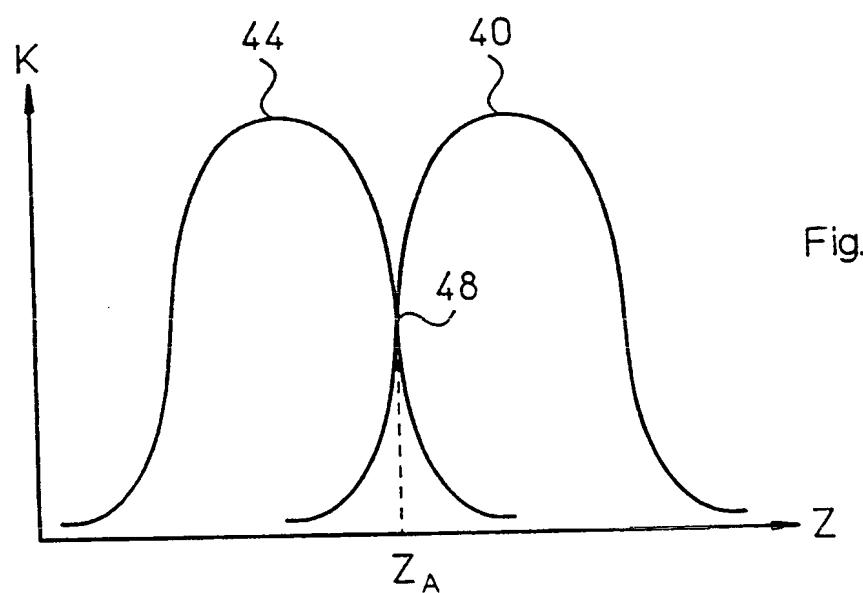


Fig.2:

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/02569

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01B11/02 G01B11/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|--------------------------|
| X | EP 0 427 692 A (C.E. JOHANSSON AB) 15 May 1991 (1991-05-15) | 1,2,4,5, 7,11 8-10 |
| A | See the introduction column 3, line 30 - column 10, line 16; figures 1-7 --- | |
| X | EP 0 498 495 A (N.V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN) 12 August 1992 (1992-08-12) | 1,2,4 |
| A | See the introduction page 4, line 2 - page 6, line 6; figures 1-5 --- | 5,6,8-11 |
| | | -/-- |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

19 August 1999

16/09/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visser, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/02569

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| X | J. JUETZ, G. SINCERBOX, B.H. YUNG: "Range sensing using dynamic chromatic aberration" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 27, no. 3, August 1984 (1984-08), pages 1827-1828, XP002112746 page 1827 - page 1828 ----- | 1,2,4 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

national Application No

PCT/EP 99/02569

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------|------------------|
| EP 427692 | A 15-05-1991 | SE | 464322 B | 08-04-1991 |
| | | SE | 8903767 A | 08-04-1991 |
| EP 498495 | A 12-08-1992 | NL | 9100205 A | 01-09-1992 |
| | | DE | 69211171 D | 11-07-1996 |
| | | DE | 69211171 T | 05-12-1996 |
| | | JP | 4319615 A | 10-11-1992 |
| | | US | 5329358 A | 12-07-1994 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02569

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01B11/02 G01B11/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie ³ | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|--|--------------------------|
| X | EP 0 427 692 A (C.E. JOHANSSON AB) 15. Mai 1991 (1991-05-15) | 1,2,4,5, 7,11 8-10 |
| A | siehe die einföhrung; Spalte 3, Zeile 30 - Spalte 10, Zeile 16; Abbildungen 1-7 --- | |
| X | EP 0 498 495 A (N.V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN) 12. August 1992 (1992-08-12) | 1,2,4 |
| A | siehe die Einföhrung; Seite 4, Zeile 2 - Seite 6, Zeile 6; Abbildungen 1-5 --- | 5,6,8-11 |
| | | -/- |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

³ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Rechercheberichts

19. August 1999

16/09/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visser, F

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02569

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|---|--------------------|
| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | J. JUETZ, G. SINCERBOX, B.H. YUNG: "Range sensing using dynamic chromatic aberration" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 27, Nr. 3, August 1984 (1984-08), Seiten 1827-1828, XP002112746 Seite 1827 - Seite 1828 ----- | 1,2,4 |

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02569

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| EP 427692 | A 15-05-1991 | SE | 464322 B | 08-04-1991 |
| | | SE | 8903767 A | 08-04-1991 |
| EP 498495 | A 12-08-1992 | NL | 9100205 A | 01-09-1992 |
| | | DE | 69211171 D | 11-07-1996 |
| | | DE | 69211171 T | 05-12-1996 |
| | | JP | 4319615 A | 10-11-1992 |
| | | US | 5329358 A | 12-07-1994 |